

Rec'd PCT/PT 08 SEP 2004

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/506944



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 10 099.3

Anmeldetag: 8. März 2002

Anmelder/Inhaber: Aloys W o b b e n , Aurich/DE

Bezeichnung: Inselnetz und Verfahren zum Betrieb eines Inselnetzes

IPC: H 02 J, F 03 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wagner

Bremen
Patentanwälte
European Patent Attorneys
Dipl.-Ing. Günther Eisenführ
Dipl.-Ing. Dieter K. Speiser
Dr.-Ing. Werner W. Rabus
Dipl.-Ing. Jürgen Brügge
Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt
Dipl.-Ing. Klaus G. Göken

Jochen Ehlers
Dipl.-Ing. Mark Andres
Dipl.-Chem. Dr. Uwe Stückenböhmer
Dipl.-Ing. Stephan Keck
Dipl.-Ing. Johannes M. B. Wasiljef
Patentanwalt
Dr.-Ing. Stefan Sasse

Rechtsanwälte
Ulrich H. Sander
Christian Spintig
Harald A. Förster
Sabine Richter

Martinistrasse 24
D-28195 Bremen
Tel. +49-(0)421-36 35 0
Fax +49-(0)421-337 8788 (G3)
Fax +49-(0)421-328 8631 (G4)
mail@eisenfuhr.com
http://www.eisenfuhr.com

Hamburg
Patentanwalt
European Patent Attorney
Dipl.-Phys. Frank Meier

Rechtsanwälte
Rainer Böhm
Nicol A. Schrömgens, LL. M.

München
Patentanwälte
European Patent Attorneys
Dipl.-Phys. Heinz Nöth
Dipl.-Wirt.-Ing. Rainer Fritzsche
Lbm.-Chem. Gabriele Leißler-Gerstl
Dipl.-Ing. Olaf Ungerer
Patentanwalt
Dipl.-Chem. Dr. Peter Schuler

Berlin
Patentanwälte
European Patent Attorneys
Dipl.-Ing. Henning Christiansen
Dipl.-Ing. Joachim von Oppen
Dipl.-Ing. Jutta Kaden
Patentanwalt
Dipl.-Phys. Dr. Andreas Theobald

Alicante
European Trademark Attorney
Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt

Bremen, 7. März 2002

Unser Zeichen: W 2664 KGG/dw/tha
Durchwahl: 0421/36 35 16

Anmelder/Inhaber: WOB BEN, Aloys
Amtsaktenzeichen: Neuanmeldung

WOB BEN, Aloys
Argestraße 19, 26607 Aurich
Inselnetz und Verfahren zum Betrieb eines Inselnetzes

Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrisches Inselnetz mit wenigstens einem Energieerzeuger, der mit einem ersten Generator gekoppelt ist. Ferner ist ein zweiter Generator vorgesehen, der mit einem Verbrennungsmotor gekoppelt werden kann. Bei solchen Inselnetzen ist der Energieerzeuger, der mit dem ersten Generator verbunden ist, häufig ein regenerativer Energieerzeuger, wie beispielsweise eine Windenergieanlage, ein Wasserkraftwerk etc.

Solche Inselnetze sind allgemein bekannt und dienen insbesondere der Stromversorgung von Gebieten, die nicht an ein zentrales Stromversorgungsnetz angeschlossen sind, in denen jedoch regenerative Energiequellen wie Wind und/oder Sonne und/oder Wasserkraft u.a. zur Verfügung stehen. Dies können zum Beispiel Inseln sein, oder abgelegene bzw. schwer zugängliche Gebiete mit Besonderheiten hinsichtlich Größe, Lage und/oder Witterungsverhältnissen. Auch in solchen Gebieten ist jedoch eine Strom-, Wasser- und Wärmeversorgung erforderlich. Die

dafür notwendige Energie, zumindest die elektrische Energie, wird von dem Inselnetz bereitgestellt und verteilt. Dabei erfordern moderne elektrisch betriebene Geräte zur einwandfreien Funktion allerdings die Einhaltung relativ enger Grenzwerte bei Spannungs- und/oder Frequenzschwankungen im Inselnetz.

Um diese Grenzwerte einhalten zu können, werden unter anderem sogenannte Wind-Diesel-Systeme eingesetzt, bei denen eine Windenergieanlage als primäre Energiequelle eingesetzt wird. Die von der Windenergieanlage erzeugte Wechselspannung wird gleichgerichtet und anschließend über einen Wechselrichter in eine Wechselspannung mit der erforderlichen Netzfrequenz umgerichtet. Auf diese Weise wird eine von der Drehzahl des Generators der Windenergieanlage und damit von dessen Frequenz unabhängige Netzfrequenz erzeugt.

Die Netzfrequenz wird demnach durch den Wechselrichter bestimmt. Hierbei stehen zwei unterschiedliche Varianten zur Verfügung. Die eine Variante ist ein sogenannter selbstgeführter Wechselrichter, der selbst in der Lage ist, eine stabile Netzfrequenz zu erzeugen. Solche selbstgeführten Wechselrichter erfordern jedoch einen hohen technischen Aufwand und sind entsprechend teuer. Eine alternative Variante zu selbstgeführten Wechselrichtern sind netzgeführte Wechselrichter, welche die Frequenz ihrer Ausgangsspannung mit einem vorhandenen Netz synchronisieren. Solche Wechselrichter sind erheblich preisgünstiger als selbstgeführte Wechselrichter, benötigen jedoch stets ein Netz, mit dem sie sich synchronisieren können. Daher muss für einen netzgeführten Wechselrichter stets ein Netzbildner verfügbar sein, der die zur Netzführung des Wechselrichters benötigten Stellgrößen bereitstellt. Ein solcher Netzbildner ist bei bekannten Inselnetzen zum Beispiel ein Synchrongenerator, der von einem Verbrennungsmotor (Dieselmotor) angetrieben wird.

Das bedeutet, dass der Verbrennungsmotor ständig laufen muss, um den Synchrongenerator als Netzbildner anzutreiben. Auch dies ist unter den Gesichtspunkten der Wartungsanforderungen, des Kraftstoffverbrauchs und der Belastung der Umwelt mit Abgasen nachteilig, denn auch wenn der Verbrennungsmotor nur einen Bruchteil seiner verfügbaren Leistung zum Antrieb des Generators als Netzbildner zur Verfügung stellen muss - die Leistung beträgt häufig nur 3 bis 5 kW - ist der Kraftstoffverbrauch nicht unerheblich und liegt bei mehreren Litern Kraftstoff pro Stunde.

Ein weiteres Problem besteht bei bekannten Inselnetzen auch darin, dass als sogenannte "Dump Loads" bezeichnete Blindlasten vorhanden sein müssten, die von dem Primärenergieerzeuger erzeugte überschüssige elektrische Energie verbrauchen, damit der Primärenergieerzeuger bei Abschaltungen von Verbrauchern nicht in einen Leerlaufbetrieb gelangt, der wiederum zu mechanischen Schäden beim Primärenergieerzeuger durch eine zu hohe Drehzahl führen kann. Dies ist insbesondere bei Windenergieanlagen als Primärenergieerzeugern sehr problematisch.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden und den Wirkungsgrad eines Inselnetzes zu verbessern.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem elektrischen Inselnetz mit dem Merkmal nach Anspruch 1 und 16 sowie mit einem Verfahren zur Betriebssteuerung eines Inselnetzes nach Anspruch 19 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der zweite Generator, der die Funktion des Netzbildners hat, auch mit der elektrischen Energie des Primärenergieerzeugers (Windenergieanlage) angetrieben werden kann, so dass der Verbrennungsmotor völlig abgeschaltet und vom zweiten Generator abgekoppelt sein kann. Hierbei befindet also der zweite Generator nicht mehr im Generator, sondern im Motorbetrieb, wobei die hierzu benötigte elektrische Energie vom Primärenergieerzeuger bzw. dessen Generator geliefert wird. Ist die Kupplung zwischen dem zweiten Generator und dem Verbrennungsmotor eine elektromagnetische Kupplung, kann diese Kupplung durch Beaufschlagung mit elektrischer Energie des Primärenergieerzeugers bzw. dessen Generators betätigt werden. Wird die elektrische Energie an der Kupplung abgeschaltet, wird die Kupplung getrennt. Der zweite Generator wird dann, wie vorbeschrieben, bei abgeschaltetem Betrieb des Verbrennungsmotors mit elektrischer Energie vom Primärenergieerzeuger beaufschlagt und angetrieben (Motorbetrieb), so dass trotz abgeschalteten Verbrennungsmotors der Netzbildner in Betrieb bleibt. Sobald eine Zuschaltung des Verbrennungsmotors und damit der Generatorbetrieb des zweiten Generators erforderlich ist, kann der Verbrennungsmotor gestartet und mittels der elektrisch betätigbaren Kupplung mit dem zweiten Generator gekoppelt werden, um diesen anzutreiben, damit dieser zweite Generator im Generatorbetrieb zusätzliche

zutreiben, damit dieser zweite Generator im Generatorbetrieb zusätzliche Energie für das elektrische Inselnetz zur Verfügung stellen kann.

Der Einsatz einer voll regelbaren Windenergieanlage gestattet den Verzicht auf "Dump Loads", da die Windenergieanlage durch ihre vollständige Regelbarkeit, also variable Drehzahl und variable Blattverstellung, in der Lage ist, genau die benötigte Leistung zu erzeugen, so dass ein "Entsorgen" überschüssiger Energie nicht erforderlich ist, da die Windenergieanlage genau die benötigte Leistung erzeugt. Dadurch, dass die Windenergieanlage nur so viel Energie erzeugt, wie im Netz benötigt wird (oder zur weiteren Aufladung von Zwischenspeichern erforderlich ist), muss auch keine überschüssige Leistung nutzlos beseitigt werden und der gesamte Wirkungsgrad der Windenergieanlage aber auch des gesamten Inselnetzes ist erheblich besser als bei der Verwendung von "Dump Loads".

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält die Windenergieanlage einen Synchrongenerator, dem ein Wechselrichter nachgeschaltet ist. Dieser Wechselrichter besteht aus einem Gleichrichter, einem Gleichspannungszwischenkreis und einem Frequenzumrichter. Ist noch eine weitere Gleichspannung (Gleichstrom) bereitstellende Energiequelle, beispielsweise ein Photovoltaikelement, im Inselnetz ausgebildet, so ist es zweckmäßig, dass solche weiteren Primärenergieerzeuger, wie Photovoltaikelemente, an den Gleichspannungszwischenkreis des Wechselrichters angeschlossen sind, so dass die Energie der zusätzlichen regenerativen Energiequelle im Gleichspannungszwischenkreis eingespeist werden kann. Dadurch kann das durch den ersten Primärenergieerzeuger verfügbare Leistungsangebot erhöht werden.

Um einerseits Schwankungen der verfügbaren Leistung und/oder eine erhöhte Leistungsnachfrage spontan auszugleichen und andererseits verfügbare Energie, die jedoch momentan nicht nachgefragt wird, nutzen zu können, sind bevorzugt Zwischenspeicher vorgesehen, welche elektrische Energie speichern und bei Bedarf schnell abgeben können. Solche Speicher können beispielsweise elektrochemische Speicher wie Akkumulatoren sein, aber auch Kondensatoren (Caps) oder auch chemische Speicher wie Wasserstoffspeicher, indem durch Elektrolyse mit der überschüssigen elektrischen Energie erzeugter Wasserstoff gespeichert wird. Zur Abgabe ihrer elektrischen Energie sind auch solche Speicher direkt oder über

entsprechende Lade-/Entladungsschaltungen am Gleichspannungszwischenkreis des Wechselrichters angeschlossen.

Eine weitere Form der Energiespeicherung ist die Umwandlung in Rotationsenergie, die in einem Schwungrad gespeichert wird. Dieses Schwungrad ist in einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung mit dem zweiten Synchrongenerator gekoppelt und erlaubt somit ebenfalls, die gespeicherte Energie zum Antrieb des Netzbildners zu verwenden.

Sämtlichen Speichern kann elektrische Energie zugeführt werden, wenn der Energieverbrauch im Inselnetz geringer ist als das Leistungsvermögen des Primärenergieerzeugers, beispielsweise der Windenergieanlage. Wenn beispielsweise der Primärenergieerzeuger eine Windenergieanlage mit 1,5 MW Nennleistung oder ein Windpark mit mehreren Windenergieanlagen mit 10 MW Nennleistung ist und die Windverhältnisse so sind, dass der Primärenergieerzeuger im Nennbetrieb gefahren werden kann, gleichwohl die Leistungsaufnahme im Inselnetz deutlich geringer ist als die Nennleistung der Primärenergieerzeuger kann bei einem solchen Betrieb (insbesondere Nachts und in Zeiten geringen Verbrauchs im Inselnetz) der Primärenergieerzeuger so gefahren werden, dass sämtliche Energiespeicher aufgeladen (aufgefüllt) werden, um in Zeiten, wenn die Leistungsaufnahme des Inselnetzes größer als das Leistungsangebot des Primärenergieerzeugers, zunächst einmal - unter Umständen nur kurzzeitig - die Energiespeicher zuzuschalten.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind alle Energieerzeuger und Zwischenspeicher mit Ausnahme des am zweiten Generator angeschlossenen Energiekomponenten (Verbrennungsmotor, Schwungrad) an einen gemeinsamen, busartig konfigurierten Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen, der mit einem einzelnen, netzgeführten Umrichter (Wechselrichter) abgeschlossen ist. Durch die Verwendung eines einzelnen, netzgeführten Wechselrichters an einem Gleichspannungszwischenkreis wird eine sehr kostengünstige Anordnung geschaffen.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn noch weitere (redundante) Verbrennungsmotoren und daran koppelbare dritte Generatoren (z.B. Synchrongeneratoren) vorgesehen sind, um bei einer größeren Leistungsnachfrage als durch die regenerative Energieerzeuger und Speicherenergie verfügbar ist, diese durch Betrieb der weiteren (redundanten) Erzeugungssysteme zu erzeugen.

Generell ist zwar an der Frequenz im Netz erkennbar, ob das Leistungsangebot der benötigten Leistung entspricht. Bei einem Überangebot von Leistung steigt nämlich die Netzfrequenz an, während sie bei zu geringer Leistung abfällt. Allerdings treten solche Frequenzabweichungen verzögert auf und ein Ausgleich solcher Frequenzschwankungen wird mit steigender Komplexität des Netzes zunehmend schwieriger.

Um eine schnelle Leistungsanpassung zu ermöglichen, wird an die Sammelschiene eine Vorrichtung angeschlossen, die in der Lage ist, die im Netz benötigte Leistung zu erfassen. Dadurch kann ein Leistungsbedarf bzw. Leistungsüberangebot sofort erkannt und kompensiert werden, bevor Schwankungen der Netzfrequenz überhaupt auftreten können.

Im Folgenden wird eine Ausführungsform der Erfindung beispielhaft näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Inselnetzes;
- Fig. 2 eine Variante des in Figur 1 gezeigten Prinzips; und
- Fig. 3 eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Inselnetzes.

Figur 1 zeigt eine Windenergieanlage mit einem nachgeschalteten Umrichter, bestehend aus einem Gleichrichter 20, über den die Windenergieanlage an einen Gleichspannungszwischenkreis 28 angeschlossen ist, sowie einen am Ausgang des Gleichspannungszwischenkreises 28 angeschlossenen Wechselrichter 24.

Parallel zum Ausgang des Wechselrichters 24 ist ein zweiter Synchrongenerator 32 angeschlossen, der wiederum über eine elektromagnetische Kupplung 34 mit einem Verbrennungsmotor 30 verbunden ist. Die Ausgangsleitungen des Wechselrichters 24 und des zweiten Synchrongenerators 32 versorgen die (nicht dargestellten) Verbraucher mit der benötigten Energie.

Dazu erzeugt die Windenergieanlage 10 die Leistung zur Versorgung der Verbraucher. Die von der Windenergieanlage 10 erzeugte Energie wird durch den Gleichrichter 20 gleichgerichtet und in den Gleichspannungszwischenkreis 28 eingespeist.

Der Wechselrichter 24 erzeugt aus der anliegenden Gleichspannung eine Wechselspannung und speist sie in das Inselnetz ein. Da der Wechselrichter 24 aus Kostengründen bevorzugt als netzgeführter Wechselrichter ausgeführt ist, ist ein Netzbildner vorhanden, mit dem sich der Wechselrichter 24 synchronisieren kann.

Dieser Netzbildner ist der zweite Synchrongenerator 32. Dieser Synchrongenerator 32 arbeitet bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor 30 im Motorbetrieb und wirkt dabei als Netzbildner. Die Antriebsenergie ist in diesem Betriebsmodus elektrische Energie von der Windenergieanlage 10. Diese Antriebsenergie für den Synchrongenerator 32 muss die Windenergieanlage 10 ebenso wie die Verluste des Gleichrichters 20 und des Wechselrichters 24 zusätzlich erzeugen.

Neben der Funktion als Netzbildner erfüllt der zweite Synchrongenerator 32 weitere Aufgaben, wie die Blindleistungserzeugung im Netz, die Lieferung von Kurzschluss-Strom, Wirkung als Flickerfilter und die Spannungsregelung.

Werden Verbraucher abgeschaltet und sinkt daher der Energiebedarf, so wird die Windenergieanlage 10 derart gesteuert, dass sie entsprechend weniger Energie erzeugt, so daß die Verwendung von Dump Loads verzichtbar ist.

Steigt der Energiebedarf der Verbraucher so weit an, dass dieser von der Windenergieanlage allein nicht mehr gedeckt werden kann, kann der Verbrennungsmotor 28 anlaufen und die elektromagnetische Kupplung 34 wird mit einer Spannung beaufschlagt. Dadurch stellt die Kupplung 34 eine mechanische Verbindung zwischen dem Verbrennungsmotor 30 und dem zweiten Synchrongenerator 32 her und der Generator 32 (und Netzbildner) liefert (jetzt im Generatorbetrieb) die benötigte Energie.

Durch eine geeignete Dimensionierung der Windenergieanlage 10 kann erreicht werden, dass im Mittel ausreichend Energie aus Windenergie zur Versorgung der

Verbraucher bereitgestellt wird. Dadurch ist der Einsatz des Verbrennungsmotors 30 und der damit einhergehende Brennstoffverbrauch auf ein Minimum reduziert.

In Figur 2 ist eine Variante des in Figur 1 gezeigten Inselnetzes gezeigt. Der Aufbau entspricht im wesentlichen der in Figur 1 gezeigten Lösung. Der Unterschied besteht darin, dass hier dem zweiten Generator 32, der als Netzbildner wirkt, kein Verbrennungsmotor 30 zugeordnet ist. Der Verbrennungsmotor 30 ist mit einem weiteren, dritten (Synchron-)Generator 36 verbunden, der bei Bedarf zuschaltbar ist. Der zweite Synchrongenerator 32 arbeitet also ständig im Motorbetrieb als Netzbildner, Blindleistungserzeuger, Kurzschlussstrom-Quelle, Flickerfilter und Spannungsregler.

In Figur 3 ist eine weitere bevorzugte Ausführungsform eines Inselnetzes gezeigt. In dieser Figur sind drei Windenergieanlagen 10 - die zum Beispiel einen Windpark bilden - mit ersten (Synchron-)Generatoren dargestellt, die jeweils an einen Gleichrichter 20 angeschlossen sind. Die Gleichrichter 20 sind an der Ausgangsseite parallel geschaltet und speisen die von den Windenergieanlagen 10 erzeugte Energie in einen Gleichspannungszwischenkreis 28 ein.

Weiterhin sind drei Photovoltaikmodule 12 dargestellt, die jeweils an einen Hochsetzsteller 22 angeschlossen sind. Die Ausgangsseiten der Hochsetzsteller 22 sind parallel ebenfalls an den Gleichspannungszwischenkreis 28 angeschlossen.

Weiterhin ist ein Akkumulatorblock 14 dargestellt, der symbolisch für einen Zwischenspeicher steht. Dieser Zwischenspeicher kann neben einem elektrochemischen Speicher wie dem Akkumulator 14 ein chemischer wie ein Wasserstoffspeicher (nicht dargestellt) sein. Der Wasserstoffspeicher kann zum Beispiel mit Wasserstoff beschickt werden, der durch Elektrolyse gewonnen wird.

Daneben ist ein Kondensatorblock 18 dargestellt, der die Möglichkeit zeigt, geeignete Kondensatoren als Zwischenspeicher zu verwenden. Diese Kondensatoren können zum Beispiel sogenannte Ultra-Caps der Fa. Siemens sein, die sich neben einer hohen Speicherkapazität durch geringe Verluste auszeichnen.

Akkumulatorblock 14 und Kondensatorblock 18 (beide Blöcke können auch mehrzählig ausgebildet sein) sind jeweils über Lade/Entladeschaltungen 26 an den

Gleichspannungszwischenkreis 28 angeschlossen. Der Gleichspannungszwischenkreis 28 ist mit einem (einzigen) Wechselrichter 24 (oder einer Mehrzahl parallelgeschalteter Wechselrichter) abgeschlossen, wobei der Wechselrichter 24 bevorzugt netzgeführt ausgebildet ist.

An der Ausgangsseite des Wechselrichters 24 ist eine Verteilung 40 (eventuell mit Transformator) angeschlossen, die von dem Wechselrichter 24 mit der Netzspannung versorgt wird. An der Ausgangsseite des Wechselrichters 24 ist ebenfalls ein zweiter Synchrongenerator 32 angeschlossen. Dieser Synchrongenerator 32 ist der Netzbildner, Blindleistungs- und Kurzschlussstrom-Erzeuger, Flickerfilter und Spannungsregler des Inselnetzes.

Mit dem zweiten Synchrongenerator 32 ist ein Schwungrad 16 gekoppelt. Dieses Schwungrad 16 ist ebenfalls ein Zwischenspeicher und kann zum Beispiel während des motorischen Betriebs des Netzbildners Energie speichern.

Zusätzlich können dem zweiten Synchrongenerator 32 ein Verbrennungsmotor 30 und eine elektromagnetische Kupplung 34 zugeordnet sein, die bei zu geringer Leistung aus regenerativen Energiequellen den Generator 32 antreiben und im Generatorbetrieb betreiben. Auf diese Weise kann fehlende Energie in das Inselnetz eingespeist werden.

Der dem zweiten Synchrongenerator 32 zugeordnete Verbrennungsmotor 30 und die elektromagnetische Kupplung 34 sind gestrichelt dargestellt, um zu verdeutlichen, dass der zweite Synchrongenerator 32 alternativ nur im Motorbetrieb (und gegebenenfalls mit einem Schwungrad als Zwischenspeicher) als Netzbildner, Blindleistungserzeuger, Kurzschlussstrom-Quelle, Flickerfilter und Spannungsregelung betrieben werden kann.

Insbesondere wenn der zweite Synchrongenerator 32 ohne Verbrennungsmotor 30 vorgesehen ist, kann ein dritter Synchrongenerator 36 mit einem Verbrennungsmotor vorgesehen sein, um eine länger andauernde Leistungslücke auszugleichen. Dieser dritte Synchrongenerator 36 kann durch eine Schalteinrichtung 44 im Ruhezustand vom Inselnetz getrennt werden, um nicht als zusätzlicher Energieverbraucher das Inselnetz zu belasten.

Schließlich ist eine (μ p/Computer-)Steuerung 42 vorgesehen, welche die einzelnen Komponenten des Inselnetzes steuert und so einen weitgehend automatisierten Betrieb des Inselnetzes erlaubt.

Durch eine geeignete Auslegung der einzelnen Komponenten des Inselnetzes kann erreicht werden, dass die Windenergieanlagen 10 im Mittel ausreichend Energie für die Verbraucher bereitstellen. Dieses Energieangebot wird gegebenenfalls durch die Photovoltaik Elemente ergänzt.

Ist das Leistungsangebot der Windenergieanlagen 10 und/oder der Photovoltaik Elemente 12 geringer/größer als der Bedarf der Verbraucher, können die Zwischenspeicher 14, 16, 18 beansprucht (entladen/geladen) werden, um entweder die fehlende Leistung bereitzustellen (entladen) oder die überschüssige Energie zu speichern (laden). Die Zwischenspeicher 14, 16, 18 glätten also das stets schwankende Angebot der regenerativen Energien.

Dabei ist es wesentlich von der Speicherkapazität der Zwischenspeicher 14, 16, 18 abhängig, über welchen Zeitraum welche Leistungsschwankung ausgeglichen werden kann. Als Zeitraum kommen bei großzügiger Dimensionierung der Zwischenspeicher einige Stunden bis zu einigen Tagen in Betracht.

Erst bei Leistungslücken, welche die Kapazitäten der Zwischenspeicher 14, 16, 18 überschreiten, ist eine Zuschaltung der Verbrennungsmotoren 30 und der zweiten bzw. dritten Synchrongeneratoren 32, 36 erforderlich.

In der vorstehenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele ist der Primärenergieerzeuger stets ein solcher, welcher eine regenerative Energiequelle, wie beispielsweise Wind oder Sonne (Licht), nutzt. Der Primärenergieerzeuger kann allerdings sich auch einer anderen regenerativen Energiequelle, zum Beispiel Wasserkraft, bedienen oder auch ein Erzeuger sein, welcher fossile Brennstoffe verbraucht.

Auch kann an das Inselnetz eine Meerwasserentsalzungsanlage (nicht dargestellt) angeschlossen sein, so dass in Zeiten, in denen die Verbraucher am Inselnetz

deutlich weniger elektrische Leistung benötigen als die Primärenergieerzeuger bereitstellen können, die Meerwasserentsalzungsanlage die "überschüssige", also noch bereitzustellende elektrische Leistung verbraucht, um Brauchwasser/Trinkwasser zu erzeugen, welches dann in Auffangbecken gespeichert werden kann. Sollte zu gewissen Zeiten der elektrische Energieverbrauch des Inselnetzes so groß sein, dass alle Energieerzeuger nur gerade in der Lage sind, diese Leistung zur Verfügung zu stellen, wird die Meerwasserentsalzungsanlage auf ein Minimum heruntergefahren, gegebenenfalls sogar ganz abgeschaltet. Auch die Steuerung der Meerwasserentsalzungsanlage kann über die Steuerung 42 erfolgen.

In Zeiten, in denen die elektrische Leistung der Primärenergieerzeuger nur zum Teil vom elektrischen Netz benötigt wird, kann auch ein - ebenfalls nicht dargestelltes - Pumpspeicherwerk betrieben werden, mittels dem Wasser (oder andere Flüssigkeitsmedien) von einem niederen auf ein höheres Potential gebracht werden, so dass im Bedarfsfall auf die elektrische Leistung des Pumpspeicherwerks zugegriffen werden kann. Auch die Steuerung des Pumpspeicherwerks kann über die Steuerung 42 erfolgen.

Es ist auch möglich, dass die Meerwasserentsalzungsanlage und ein Pumpspeicherwerk kombiniert werden, indem also das von der Meerwasserentsalzungsanlage erzeugte Brauchwasser (Trinkwasser) auf ein höheres Niveau gepumpt wird, welches dann zum Antrieb der Generatoren des Pumpspeicherwerks im Bedarfsfall herangezogen werden kann.

Alternativ zu den in Figur 3 beschriebenen und dargestellten Varianten der Erfindung können auch weitere Variationen an der erfindungsgemäßen Lösung vorgenommen werden. So kann beispielsweise auch die elektrische Leistung der Generatoren 32 und 36 (siehe Figur 3) über einen Gleichrichter gleichgerichtet auf die Sammelschiene 28 eingespeist werden.

Ist dann das Leistungsangebot der Primär-Energieerzeuger 10 oder der Zwischenspeicher 12, 14, 16, 18 zu gering oder weitestgehend aufgebraucht, wird der Verbrennungsmotor 30 in Gang gesetzt und dieser treibt dann den Generator 32, 36 an. Der Verbrennungsmotor stellt dann also für das Inselnetz weitestgehend die elektrische Energie innerhalb des Inselnetzes zur Verfügung, gleichzeitig kann er

aber auch der Zwischenspeicher 16, also das Sprungrad wiederum aufladen und bei Einspeisung der elektrischen Energie die Generatoren 32 und 36 in den Gleichstromzwischenkreis 28 können auch die dort dargestellten Zwischenspeicher 14, 18 ebenfalls aufgeladen werden. Eine solche Lösung hat besonders den Vorteil, dass der Verbrennungsmotor in einem günstigen, nämlich im optimalen Betrieb laufen kann, wo auch die Abgase am geringsten sind und auch die Drehzahl in einem optimalen Bereich liegt, so dass auch der Verbrauch des Verbrennungsmotors in einem bestmöglichen Bereich liegt. Wenn bei einem solchen Betrieb beispielsweise die Zwischenspeicher 14, 18 oder 16 weitestgehend aufgefüllt sind, kann dann der Verbrennungsmotor abgeschaltet werden und dann die Netzversorgung weitestgehend mit der in den Speichern 14, 16, 18 gespeicherte Energie erfolgen, so weit nicht ausreichend Energie aus den Energieerzeugern 10, 12 bereitgestellt werden kann. Unterschreitet der Ladezustand der Zwischenspeicher 14, 16, 18 einen kritischen Wert, so wird wiederum der Verbrennungsmotor zugeschaltet und über die vom Verbindungsmotor 30 bereitgestellte Energie der Generatoren 32 und 36 in den Gleichstromzwischenkreis 28 eingespeist und die Zwischenspeicher 14, 16, 18 werden wiederum hierbei auch geladen.

Bei den vorgeschriebenen Varianten wird also ganz besonders darauf geachtet, dass der Verbrennungsmotor in einem optimalen Drehzahlbereich laufen kann, was insgesamt seinen Betrieb verbessert.

Hierbei sind in den Generatoren 32, 36 übliche Gleichrichter (wie z.B. Gleichrichter 20) nachgeschaltet, über die die elektrische Energie in den Gleichstromzwischenkreis 28 eingespeist wird.

Ansprüche

1. Elektrisches Inselnetz mit wenigstens einem ersten Energieerzeuger, der eine regenerative Energiequelle nutzt, wobei der Energieerzeuger bevorzugt eine Windenergieanlage mit einem Generator ist, wobei ein zweiter Generator vorgesehen ist, welcher mit einem Verbrennungsmotor koppelbar ist, gekennzeichnet durch eine Windenergieanlage, die hinsichtlich ihrer Drehzahl und Blattverstellung regelbar ist und eine Sammelschiene zum Einspeisen der erzeugten Energie in das Netz aufweist und eine an eine Sammelschiene angeschlossene Vorrichtung zum Erfassen der im Netz benötigten Leistung vorgesehen ist.
2. Elektrisches Inselnetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Energieerzeuger einen Synchrongenerator aufweist, der einen Umrichter mit einem Gleichspannungszwischenkreis mit wenigstens einem ersten Gleichrichter und einem Wechselrichter enthält.
3. Elektrisches Inselnetz nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch wenigstens ein an den Gleichspannungszwischenkreis angeschlossenes elektrisches Element zur Einspeisung elektrischer Energie mit Gleichspannung.
4. Elektrisches Inselnetz nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrische Element ein Photovoltaikelement und/oder ein mechanischer Energiespeicher und/oder ein elektrochemischer Speicher und/oder ein Kondensator und/oder ein chemischer Speicher als elektrischer Zwischenspeicher ist.
5. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Schwungrad, welches mit dem zweiten oder einem dritten Generator koppelbar ist.
6. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mehrere Verbrennungsmotoren, die jeweils mit einem Generator gekoppelt werden können.

7. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Steuerung zum Steuern des Inselnetzes.
8. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Hochsetz-/Tiefsetzsteller (22) zwischen dem elektrischen Element und dem Gleichspannungszwischenkreis.
9. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Lade-/Entladeschaltungen (26) zwischen dem elektrischen Speicherelement und dem Gleichspannungszwischenkreis.
10. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Schwungrad mit einem Generator und einem nachgeschalteten Gleichrichter (20) zur Einspeisung elektrischer Energie in den Gleichspannungszwischenkreis (28).
11. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sämtliche regenerativen Energiequellen nutzende Energieerzeuger (10, 12) und Zwischenspeicher (14, 16, 18) einen gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis speisen.
12. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen netzgeführten Wechselrichter.
13. Elektrisches Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energie zum Betrieb der elektromagnetischen Kupplung durch einen elektrischen Speicher und/oder durch den Primärenergieerzeuger zur Verfügung gestellt wird.
14. Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Inselnetz eine Meerwasserentsalzungs/Brauchwassererzeugungsanlage angeschlossen ist, welche Brauchwasser (Trinkwasser) erzeugt, wenn das Leistungsangebot der Primärenergieerzeuger größer ist als der Leistungsverbrauch der anderen am Inselnetz angeschlossenen elektrischen Verbraucher.

15. Inselnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Pumpspeicherwerk vorgesehen ist, welches seine elektrische Energie von dem Primärenergieerzeuger erhält.
16. Elektrisches Inselnetz mit wenigstens einem ersten Primärenergieerzeuger zur Erzeugung elektrischer Energie für ein elektrisches Inselnetz, wobei ein Synchrongenerator vorgesehen ist, welcher die Funktion eines Netzbildners hat, wobei der Synchrongenerator hierzu im Motorbetrieb arbeiten kann und die für den Motorbetrieb benötigte Energie vom Primärenergieerzeuger zur Verfügung gestellt wird.
17. Inselnetz nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator über eine Kupplung mit einem Verbrennungsmotor verbindbar ist, welcher abgeschaltet ist, wenn die elektrische Leistung des Primärenergieerzeugers größer oder etwa gleich groß ist wie die elektrische Verbrauchsleistung im Inselnetz.
18. Inselnetz nach einem der vorstehenden Ansprüche und mit einer Sammelschiene zum Einspeisen der erzeugten Energie in das Netz, gekennzeichnet durch eine an die Sammelschiene angeschlossene Vorrichtung zum Erfassen der im Netz benötigten Leistung.
19. Verfahren zur Betriebssteuerung eines elektrischen Inselnetzes mit wenigstens einer Windenergieanlage, durch gekennzeichnet, dass die Windenergieanlage (10) derart gesteuert wird, dass sie stets nur die benötigte elektrische Leistung erzeugt, falls der Verbrauch der elektrischen Leistung im Netz geringer ist als das elektrische Energieerzeugungsvermögen der Windenergieanlage.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass bei Unterschreiten der benötigten Leistung der regenerativen Energiequelle nutzende Energieerzeuger (10, 12) zunächst elektrische Zwischenspeicher (14, 16, 18) zur Energieabgabe herangezogen werden.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass Verbrennungsmotoren zum Antreiben wenigstens eines zweiten Generators vorgesehen sind, und die Verbrennungsmotoren nur dann eingeschaltet werden, wenn die von den regenerativen Energiequellen nutzende Energieerzeuger (10, 12) und/oder die von elektrischen Zwischenspeichern (14, 16, 18) abgegebene Leistung einen vorgebbaren Schwellwert für einen vorgebbaren Zeitabschnitt unterschreiten.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass zum Laden der Zwischenspeicher aus regenerativen Quellen mehr Energie erzeugt wird als für die Verbraucher am Netz benötigt wird.

23. Verwendung eines Synchrongenerators als Netzbildner für einen netzgeführten Wechselrichter zur Einspeisung einer Wechselspannung in ein elektrisches Versorgungsnetz, wobei der Generator im Motorbetrieb arbeitet und der Antrieb des Generators durch ein Schwungrad und/oder durch die Zurverfügungstellung von elektrischer Energie eines regenerativen Energieerzeugers erfolgt.

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Inselnetz mit wenigstens einem Energieerzeuger, der regenerative Energiequellen nutzt, wobei der Energieerzeuger bevorzugt eine Windenergieanlage mit einem ersten Synchrongenerator ist, mit einem Gleichspannungszwischenkreis mit wenigstens einem ersten Gleichrichter und einem Wechselrichter, mit einem zweiten Synchrongenerator und einem mit dem zweiten Synchrongenerator koppelbaren Verbrennungsmotor. Um ein Inselnetz anzugeben, bei dem der Verbrennungsmotor vollständig abgeschaltet werden kann, solange die Windenergieanlage bei einem möglichst hohen Wirkungsgrad eine ausreichende Leistung für alle angeschlossenen Verbraucher erzeugt, ist eine voll regelbare Windenergieanlage (10) und eine elektromagnetische Kupplung (34) zwischen dem zweiten Synchrongenerator (32) und dem Verbrennungsmotor (30) vorgesehen.

(Figur 3)

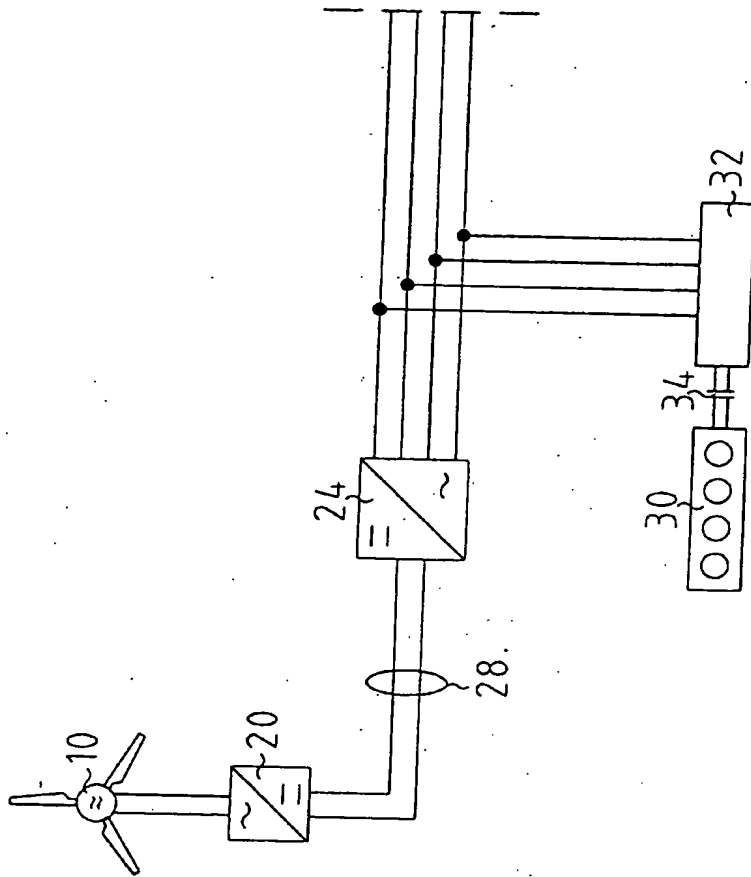


Fig. 1

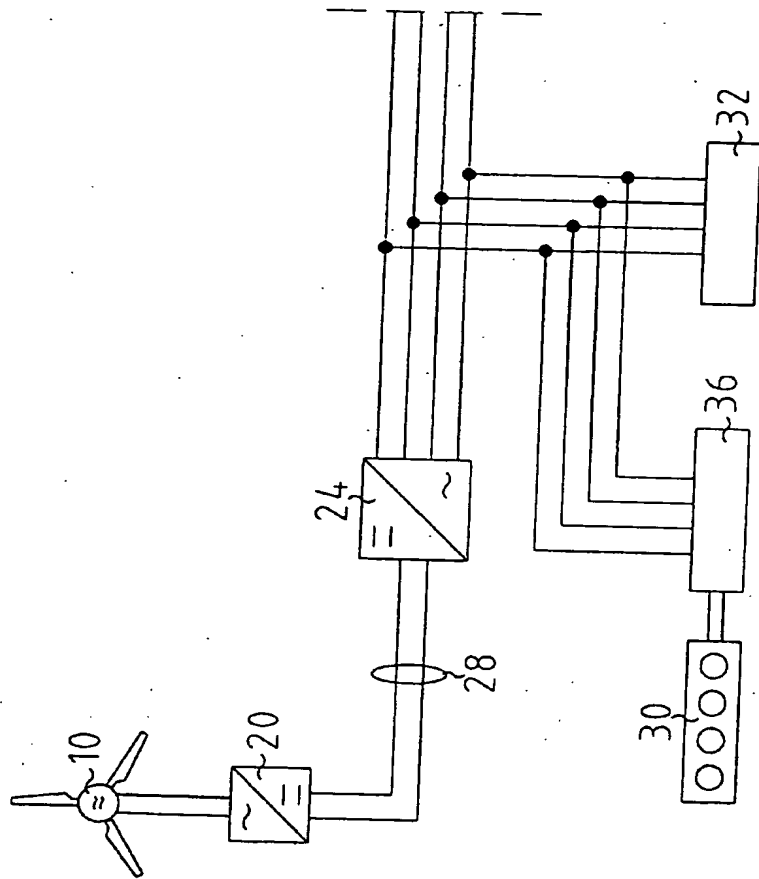


Fig. 2

[illegible]